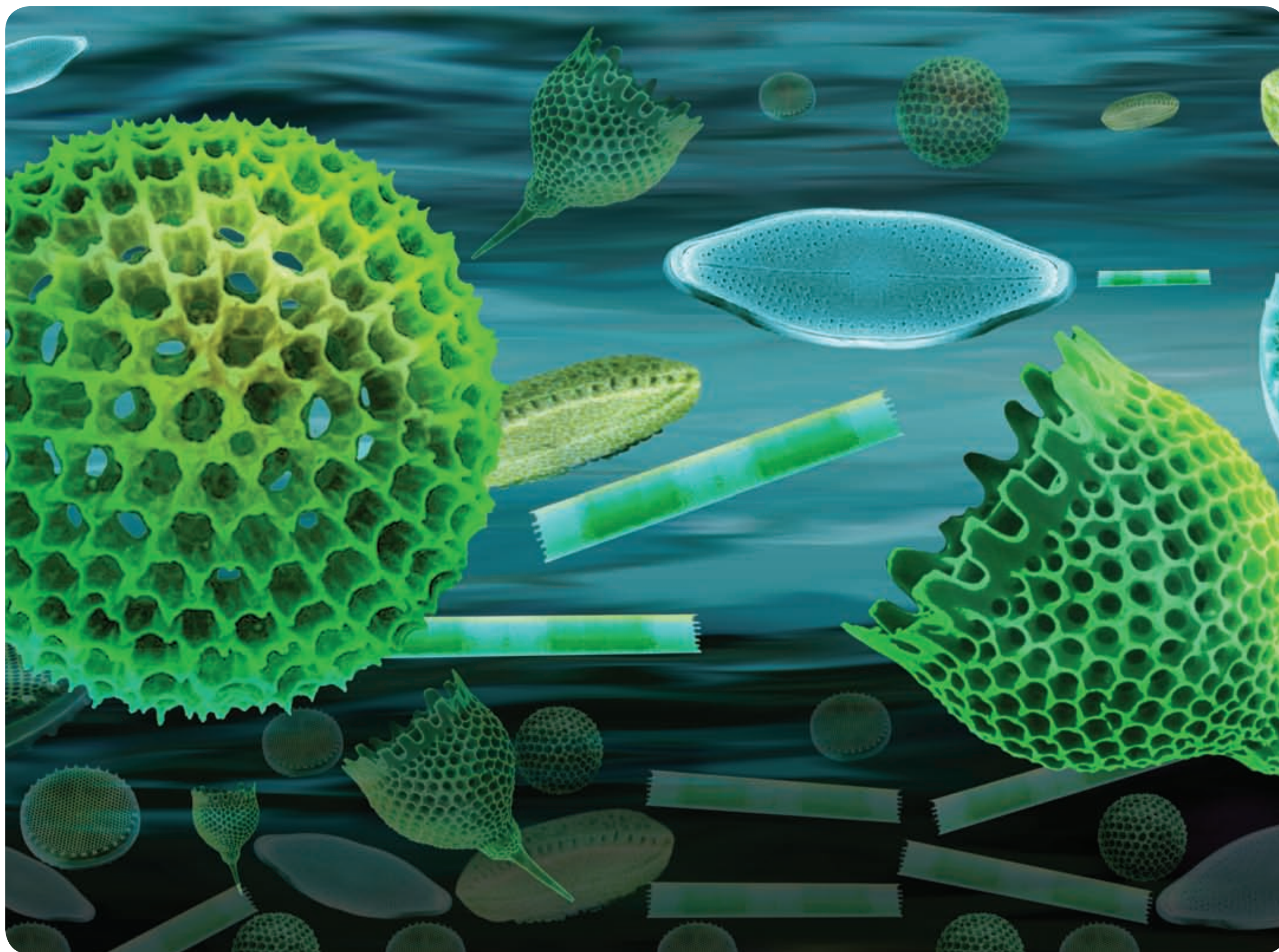
SECCIÓN I

1 Origen de lo viviente

Pensemos juntos

Las eras y los períodos en los que se ha dividido la historia muestran cómo nuestro planeta ha contado con diversas condiciones particulares que, en un momento dado, propiciaron el origen de la vida y en otros han permitido que las especies mejor adaptadas sobrevivan y evolucionen con el tiempo, según la concepción científica más aceptada. Este proceso de cambio ha continuado durante los 3500 millones de años de historia de la vida en la Tierra, y aún hoy en día es un hecho presente aunque a veces imperceptible a nuestros ojos.



- ¿Cuáles son algunos de los procesos responsables del cambio de las condiciones ambientales a lo largo de la historia de la Tierra?
- ¿De qué maneras pueden los seres vivos incidir sobre las condiciones ambientales de los ecosistemas?
- Alguna vez, un importante científico dijo que nada en la biología tenía sentido sino a la luz de la evolución. Explica por escrito el significado de esta expresión y si estás o no de acuerdo con ella. Cita tus argumentos.

El origen de la vida

¿Cuál fue el origen de los primeros seres vivos? Conocemos millones de especies y pensamos que aún falta otro tanto por descubrir. ¿De dónde vienen todas estas especies? La mayor parte de la comunidad científica de nuestro tiempo acepta que todas evolucionaron a partir de uno o varios organismos ancestrales, a medida que estos se adaptaban a las condiciones cambiantes del planeta.

A lo largo de la historia de la humanidad se han dado muchas explicaciones sobre el origen de la vida. Estas han variado de acuerdo con los adelantos técnicos, tecnológicos y conceptuales de cada época, así como con aspectos culturales y religiosos. A continuación, veremos algunas de las principales hipótesis que la ciencia ha presentado al respecto, hasta llegar a las teorías que son más aceptadas actualmente.

En el presente, gracias al conocimiento científico y experiencias empíricas, se afirma la hipótesis de que la organización de las células se dio cuando algunas moléculas se ensamblaron, utilizando energía en un medio acuoso.

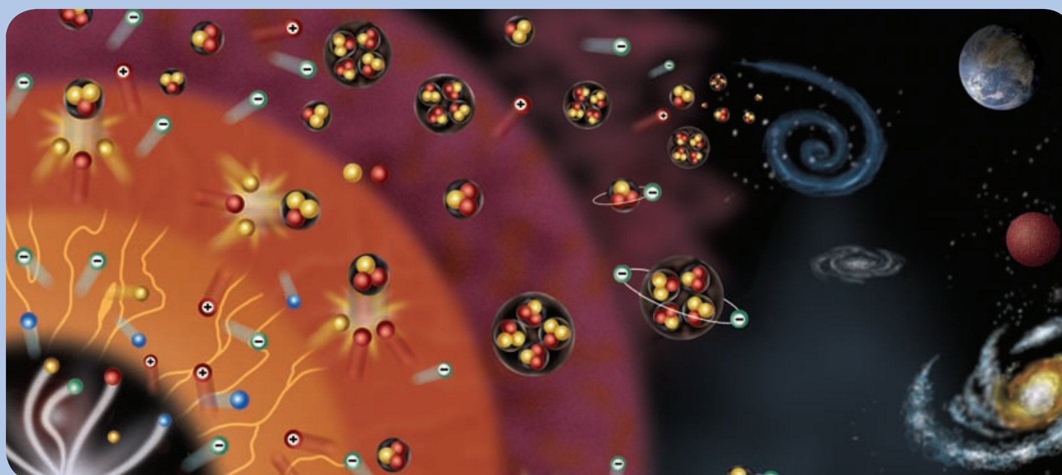
El origen de la Tierra

La mayoría de los astrónomos reconocen como válida la teoría del origen del universo, el cual a partir de un núcleo pequeño se ha ido expandiendo y enfriando. En estas condiciones la materia originó sistemas y planetas.

Hace unos 4600 millones de años la Tierra se formó a medida que se iba condensando, agrupándose los diversos átomos de acuerdo con su peso. Los materiales más pesados gravitaron hacia el centro denso (hierro, aluminio, níquel, etc.). Los más ligeros permanecieron en la superficie y a medida que esta se enfriaba se formó una corteza externa. Estudiando la antigüedad de las rocas de la corteza terrestre con métodos de datación radimétrica, se supo que algunas tienen unos 4100 millones de años de antigüedad.

Los compuestos de oxígeno, nitrógeno y agua se encontraban combinados en forma no volátil. Más tarde, a medida que la Tierra se solidificaba, estos compuestos fueron lanzados a la atmósfera por actividad volcánica.

Se crea entonces una atmósfera primitiva de carácter reductor: predominan las moléculas que tienen menos oxígeno que hidrógeno como el metano (CH_4) y el amoníaco (NH_3), también moléculas de dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2), agua (H_2O), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y trazas de dihidrógeno (H_2). Hay científicos que discrepan con la presencia de algunos de estos componentes o al menos en su proporción, considerando que la atmósfera no era tan reductora.



Sir Fred Hoyle, durante la década de 1940, fue uno de los proponentes de la teoría del universo estacionario, según la cual el universo es y será el mismo en todo momento y en todo lugar. Curiosa e irónicamente fue él mismo quien acuñó el término «Big Bang» a la teoría de «la gran explosión» y el universo en expansión.

Aportes de Oparín.

Teoría de la evolución prebiótica

El bioquímico Ivánovich Oparín realizó minuciosas investigaciones sobre el origen de la vida. En 1924 presentó su teoría sobre cómo pudo haber surgido esta a partir de una evolución química en una atmósfera reductora.

Consideró que los componentes orgánicos se formaron espontáneamente a partir de sustancias inorgánicas, bajo la influencia de la radiación solar, las descargas eléctricas y la energía volcánica.

La variedad de sustancias orgánicas sencillas se fue acumulando en los mares recientemente formados.

Este científico puntualizó dos aspectos importantes:

a) no existían seres vivos que descompusieran las sustancias orgánicas en formación, así como tampoco oxígeno;

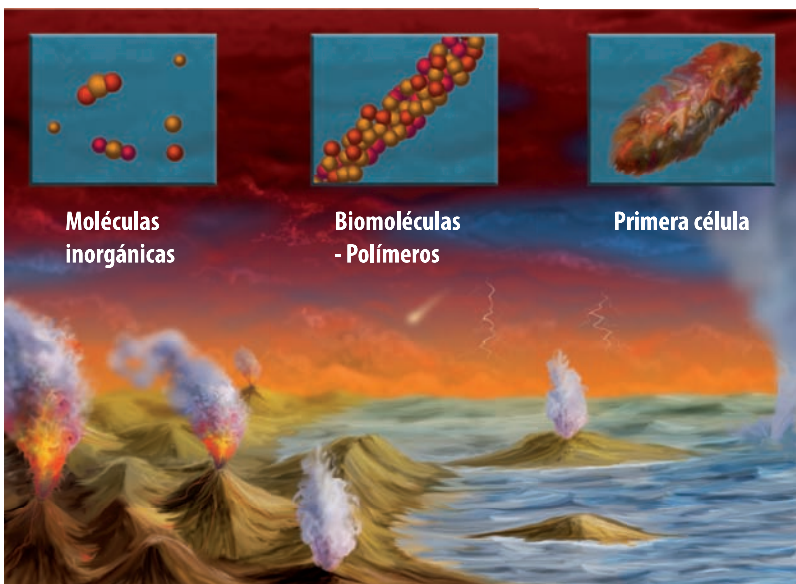
b) la atmósfera primitiva seguía produciendo ininterrumpidamente moléculas ricas en energía. Los mares debieron acumular esas moléculas hasta adquirir el aspecto de una «sopa caliente o caldo primordial», como postuló metafóricamente el biólogo inglés John B. Haldane.

Las sustancias de los mares se fueron concentrando cada vez más, lo que provocó la formación de macromoléculas de mayor complejidad estructural como microscópicas gotas de una envoltura de polímeros con un medio interno que contenía enzimas aisladas del exterior.

Caldo primitivo

Las condiciones en las que se cree que se originó la vida en la Tierra eran muy diferentes de las que hay actualmente. Luego de su formación, el intenso calor y el bombardeo con meteoritos hacían que todos los materiales estuvieran fundidos en forma líquida. Los metales pesados, como el hierro y el níquel, cayeron hacia el interior del planeta, donde aún permanecen en estado fluido, mientras que los elementos más ligeros, como el sílice y el cuarzo, flotaron sobre ellos. La atmósfera carecía de oxígeno libre, sin embargo, el oxígeno sí estaba presente formando parte de otros compuestos como el vapor de agua (H_2O) y el dióxido de carbono (CO_2). Además eran abundantes las moléculas ricas en hidrógeno como el metano (CH_4), el amoníaco (NH_3), el ácido clorhídrico (HCl) y el sulfuro de hidrógeno, y otros elementos como el nitrógeno gaseoso (N_2).

A medida que la Tierra y los otros planetas del sistema solar se consolidaban, los impactos de meteoritos disminuyeron de intensidad, lo que permitió que nuestro planeta se enfriara lo suficiente como para que el agua se precipitara en forma de lluvia y permaneciera en estado líquido sobre su superficie. A medida que el agua caía y rodaba sobre la tierra, también iba arrastrando hacia el mar algunos de los elementos que encontraba a su paso, hasta conformar el caldo primitivo.



Según la teoría de la *evolución prebiótica,* las condiciones de la Tierra primitiva permitieron que algunos elementos inorgánicos reaccionaran espontáneamente para formar moléculas orgánicas cada vez más complejas que hace cerca de 3500 millones de años dieron lugar a la primera célula.

Gracias a la enorme cantidad de energía resultante de las erupciones volcánicas, las intensas tormentas eléctricas y la fuerte radiación ultravioleta, estos elementos reaccionaron para formar las primeras moléculas orgánicas que posteriormente reaccionaron entre sí para formar moléculas más complejas como las proteínas y los ácidos nucleicos que luego se reunieron para formar las primeras células. Dado que la atmósfera carecía de oxígeno, las primeras moléculas que se formaron no se oxidaron ni se destruyeron.

Actualmente se cree que las primeras células aparecieron hace cerca de 3500 millones de años (m.a.), en las siguientes etapas:

1. La síntesis de pequeñas moléculas orgánicas como nucleótidos y aminoácidos a partir de los elementos inorgánicos del ambiente.
2. La unión de estas pequeñas moléculas en otras mucho más grandes y complejas como las proteínas.
3. El origen de moléculas que tenían la capacidad de producir copias exactas de sí mismas, lo que permitió que se desarrollara la herencia genética de los caracteres.
4. El empaquetamiento de estas moléculas en pequeñas unidades rodeadas por una membrana y con la capacidad de mantener sus condiciones internas diferentes de las del medio externo y de reproducirse.

Un aporte fundamental, el de Charles Darwin

En este tema la contribución de Charles Darwin se evidencia en una carta dirigida a un amigo en 1871.

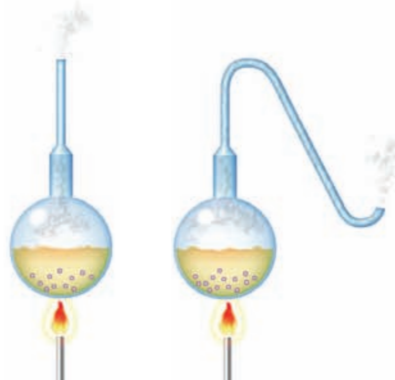
> «Se ha dicho a menudo que la totalidad de las condiciones necesarias para la formación del primer organismo vivo son las que presenciamos hoy en día y que no pueden haber sido otras que las actuales. Sin embargo, si pudiéramos concebir (¡y cuán gran suposición implica este si!) la posibilidad de la formación química de un compuesto proteico, en algún estanque cálido y pequeño, que contuviera toda clase de sales fosfóricas y amónicas, que recibiera luz, calor, electricidad, etcétera, compuesto que una vez formado podría sufrir otros cambios posteriores de mayor complejidad, en las condiciones actuales este material sería devorado al instante, lo cual no podría haber sido el caso previamente a la formación de los primeros seres vivos.»

Para leer un poco más

La generación espontánea

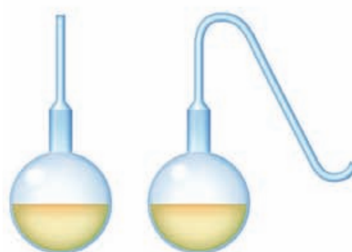
La **teoría de la generación espontánea** sostenía que los seres vivos podían originarse a partir de la materia inorgánica. Hasta mediados del siglo XIX, esta teoría se mantuvo vigente cuando aún era defendida por algunos científicos (figura 1).

- **Louis Pasteur termina con la generación espontánea**
  A comienzos de la década de 1860, el químico Louis Pasteur condujo los experimentos que demostraron que ningún ser vivo, ni siquiera los microorganismos, podía aparecer espontáneamente. Así dejó sin sustento la teoría de la generación espontánea y sin respuesta la pregunta sobre el origen de la vida.

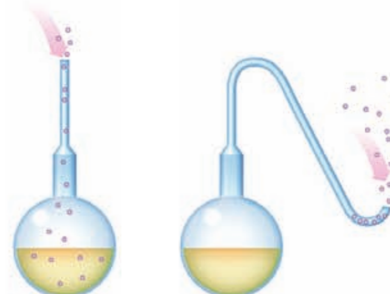


Matraz de cuello recto con caldo de carne.

Matraz de cuello de cisne con caldo de carne.



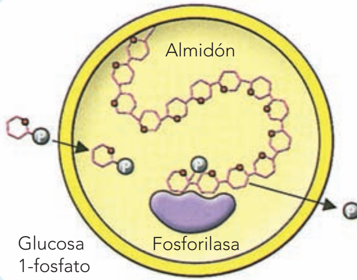
Mediante la aplicación de una fuente de calor se esterilizan los dos matraces.



En este matraz el caldo se descompone porque hay crecimiento de microorganismos.

No hay crecimiento de microorganismos porque quedan atrapados en el cuello del matraz.

Protobiontes



Esquema de un coacervado.

Coacervados

Oparín propuso que los precursores de los seres vivos fueron los coacervados. El científico los definió como gotas microscópicas con una envoltura de polímeros y un medio interno en el que habría enzimas aisladas del exterior. Los coacervados poseerían un metabolismo muy sencillo con intervención de enzimas y capacidad de absorción de elementos del exterior y de replicarse, dividiéndose, al alcanzar un tamaño grande que resultara inestable.

Creó coacervados en el laboratorio, y al añadirles enzimas (como la fosforilasa) procedentes de células logró que incorporaran material del exterior, crecieran y se dividieran al alcanzar un volumen grande que las volvía inestables. Estos procesos los acercan a las características de lo viviente.

Microesferas proteinoides

En la década de los 60, el científico Sidney Fox logró construir en el laboratorio lo que llamó «proteinoides termales» combinando espontáneamente aminoácidos en un ambiente seco y a 180 °C, lo que dio origen a polímeros. Al mezclarlos con solución salina acuosa se creaban microesferas proteinoides. Estas poseen caracteres similares a los de los sistemas vivientes: tienen capacidad catalítica debido a las enzimas que contienen, su límite parece tener una doble capa con propiedades osmóticas y difusión selectiva, no exceden las 2 micras (μ) de diámetro y crecen multiplicándose por gemación como las bacterias.

Aunque todo parezca indicar que estas esferas fueron precursoras de los primeros seres vivos o protobiontes, esta hipótesis no explica la transferencia de información genética y por tanto la evolución hacia otros seres. Por ello se considera que en aquella fase tan temprana de la evolución protobiológica debió aparecer una molécula capaz de tener actividad catalítica y de contener un mensaje.

La argumentación que consideró Fox para su teoría se basó en que:

- La vida surge de un solo camino, recorrido innumerables veces.

Su equipo de investigadores trabajó con procesos en sistemas abiertos que simularon posibles eventos geológicos.

- Sus microesferas tienen propiedades comparables a las de las células modernas, esto ha sido demostrado en experimentos y no en predicciones (crecimiento, metabolismo propio y duplicación).

Los científicos del siglo XX consideraron a esta sustancia un polímero primordial. Esto desató la polémica sobre cuál sería su naturaleza, pues mientras algunos proponían que tenía un origen de proteína (por unión de pocos aminoácidos), otros aseguraban que debía ser un ácido nucleico (como el ácido ribonucleico [ARN] o el ácido desoxirribonucleico [ADN]). Las proteínas son excelentes catalizadores pero no pueden acumular información genética. Los ácidos nucleicos almacenan información pero para duplicarse necesitan proteínas con actividad catalítica.

La pregunta es: ¿cuál de estos polímeros surgió primero en el planeta?

Esta pregunta se parece a la clásica: «¿Qué fue primero: el huevo o la gallina?».



http://lacienciaysusdemonios.com/2009/12/21/origen-de-la-vida-las-curiosas-microesferas-de-proteinoides-de-fox/

Experimento de Miller. ¿Es posible simular el origen de la vida en el laboratorio?

En 1953, Stanley Miller, un bioquímico que trabajaba en la Universidad de Chicago bajo la tutela del prestigioso científico Harold Urey, llevó a cabo un experimento en el cual simuló las condiciones que consideraba que podría haber tenido la Tierra hace 4000 millones de años. El objetivo era corroborar si a partir de sustancias sencillas se podían formar otras más complejas, como las que hoy forman parte de los seres vivos.

Tomaron los gases que posiblemente conformaron la atmósfera primitiva (dihidrógeno, metano y amoníaco) y los colocaron dentro de un dispositivo de vidrio. Este consistía en un matraz en el que se calentaba agua (para formar vapor y hacer que los gases circulasen por el dispositivo) y otro más grande que contenía los gases y además electrodos que liberaban descargas eléctricas. Ambos matraces estaban conectados por tubos de vidrio, con un condensador para que precipitaran los gases y recoger las muestras líquidas en las válvulas con la finalidad de estudiar su contenido.

Después de una semana de continuas descargas, los productos acumulados en la solución acuosa fueron analizados por cromatografía. Aproximadamente el 15 % del carbono presente en la atmósfera reductora formaba parte de compuestos orgánicos. Lo más relevante fue que los aminoácidos, la urea y los ácidos grasos simples producidos se encuentran comúnmente en los seres vivos. Esta experiencia nos indica que el resultado no es una coincidencia y que la «evolución química» pudo haber ocurrido en condiciones no muy diferentes de las del experimento de Urey y Miller.

Condensador.



La hipótesis sobre el primer gen

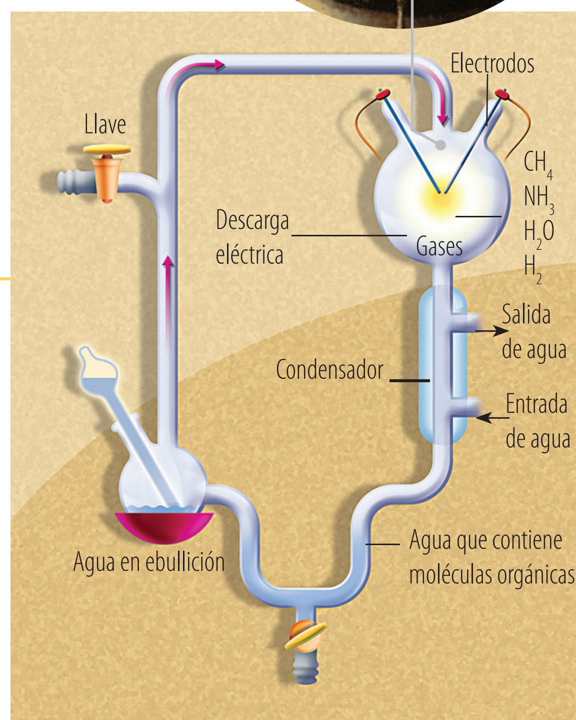
No se sabe cómo apareció la primera molécula capaz de autorreplicarse y con la información de cómo controlar catalíticamente todos los procesos que se daban en el protobionte.

Los primeros datos que ayudaron a entender una posible respuesta se obtuvieron en 1981 cuando se demostró que las moléculas de ARN pueden actuar como catalizadores denominados ribozimas.

Recientemente se observó que entre las reacciones catalizadas por el ARN figura su duplicación con componentes de su propia estructura. Esta capacidad lo ubica entre los seres vivos y la materia inanimada. En los próximos capítulos verás más detalles del proceso.



1. **¿Qué es el caldo primitivo y cómo se formó?**
2. **¿Qué pretenden demostrar los trabajos de Harold Urey y Stanley Miller?**
3. **¿Qué sustancias formaban la atmósfera primitiva?**
4. **¿Qué inconvenientes se producirían si se hubiese trabajado con O2?**
5. **¿Qué moléculas orgánicas se obtuvieron a partir de los experimentos realizados por Stanley Miller y Harold Urey?**



Los experimentos de Stanley y Urey comprobaron que es posible la formación de pequeñas moléculas orgánicas a partir de elementos inorgánicos. Cada vez se acumulan más evidencias de que es posible que las cuatro etapas de la evolución prebiótica ocurran espontáneamente en ciertas condiciones como las que debió tener la Tierra hace cerca de 4000 millones de años.

Teoría de las panspermias

En el año 1908, el químico sueco August Arrhenius utilizó el término *panspermia* (del griego *pan*, 'todo', y *spermia*, 'semilla') para su hipótesis. Esta sostenía que la vida en la Tierra se originó a partir de esporas (estructuras reproductivas que presentan algunas bacterias) contenidas en rocas de otros planetas. Según este científico, «las semillas de la vida» (las esporas) que están en el universo viajaron en un meteorito que impactó sobre la superficie terrestre. Aquí las esporas encontraron las condiciones adecuadas para su subsistencia.

Gran cantidad de los aminoácidos obtenidos por Miller y Urey se han encontrado en los meteoritos, por ejemplo, se han reconocido más de 80 kg de material carbonatado en el meteorito de Murchison que cayó en Australia en 1969.

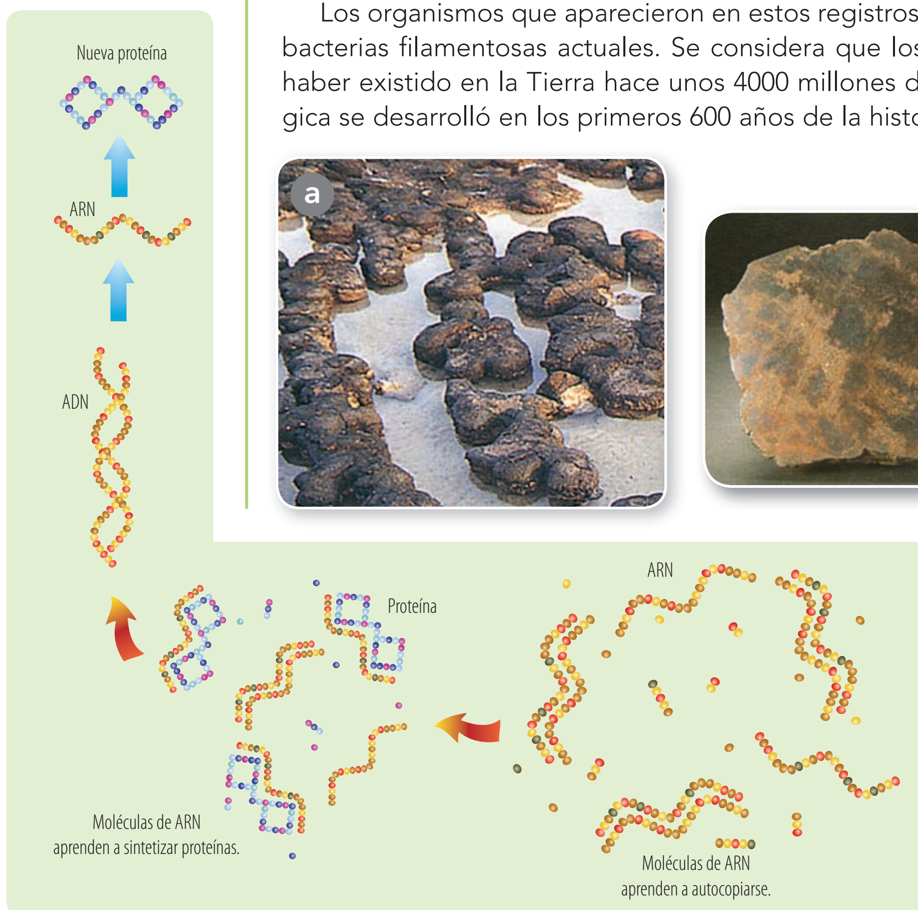
Autores más modernos, como Crick, quien junto con Watson descubrió la estructura del ADN, y Hoyle, también apuestan a un origen extraterrestre de la vida sobre la Tierra. En 1996 se encontraron en meteoritos procedentes de Marte lo que parecen restos de seres vivos muy primitivos parecidos a las bacterias actuales. Pero la panspermia explica la aparición de la vida en la Tierra, no el origen de la vida misma.

Los primeros seres vivos

Aunque aún persiste la incógnita sobre el origen del primer ser vivo en la Tierra, existen algunos registros de las estructuras más antiguas que manifestaron vida.

Los primeros organismos que se conocen han aparecido en rocas de Australia y Sudáfrica datadas en 3500 millones de años. Por ejemplo, en la bahía de Shark, Australia, se observan unas formaciones en rocas calizas y cretas, algunas actuales y otras muy antiguas, llamadas estromatolitos. Estas formaciones se originan por la compactación de sedimentos y microorganismos depositados en capas superpuestas. En la actualidad se forman en aguas poco profundas y cálidas.

Los organismos que aparecieron en estos registros fósiles tienen cierta similitud con las cianobacterias filamentosas actuales. Se considera que los primeros seres vivos unicelulares podrían haber existido en la Tierra hace unos 4000 millones de años. La evolución química y protobiológica se desarrolló en los primeros 600 años de la historia de la Tierra.









a. Estromatolitos en la bahía Shark, Australia. Los estromatolitos son formaciones debidas a la acción de las cianobacterias. Se conocen estromatolitos fósiles con una antigüedad de 3500 millones de años, que evidencian que las cianobacterias ya existían en aquella época.

b. En algunos meteoritos que impactaron sobre la Tierra, como en Australia en el año 1969, se reconocieron diversas molé culas orgánicas, aportando argumentos que refuerzan esta hipótesis.

Las fumarolas, ¿otras fuentes del origen de la vida?

La teoría de que las fumarolas de los abismos fueron el origen de la vida ha cobrado importancia gracias a hallazgos recientes. La oceanografía permitió encontrar organismos vivos a muy grandes profundidades, en los océanos, adonde no llega luz solar y hay muy poco oxígeno.

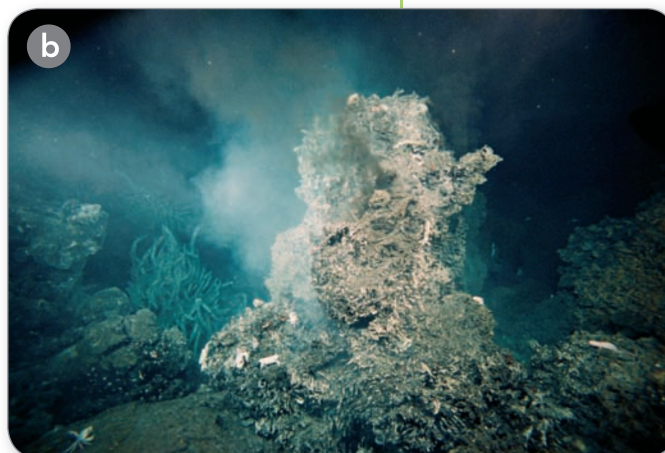
El 15 de febrero de 1977, una misión oceanográfica norteamericana en la que participaban geoquímicos y geólogos descubrió a 2600 m de profundidad, en el archipiélago de las Galápagos, una comunidad animal muy sorprendente, conformada por organismos desconocidos para la ciencia. Este hallazgo fue un verdadero enigma durante varios años.

Todos los ecosistemas (tanto terrestres como acuáticos) dependen de la presencia de organismos llamados autótrofos, es decir, capaces de sintetizar moléculas orgánicas a partir de dióxido de carbono. Este es el caso de las plantas que utilizan la energía solar para realizar procesos de construcción molecular en la fotosíntesis. Pero este mecanismo es imposible a gran profundidad debido a la oscuridad total.

¿Cómo se podría desarrollar la vida en estas tinieblas? Los científicos observaron que esta abundancia animal estaba limitada a las zonas de hidrotermalismo submarino. La dorsal oceánica, una cordillera de 60 000 km que jalona los fondos oceánicos, posee en el centro un canal caracterizado por una muy intensa actividad volcánica. El magma fundido asciende y luego se solidifica, resquebrajándose. El agua del mar se infiltra, se calienta y sale por otras fisuras. Está muy caliente (de 300 a 400 °C), es ácida y está desprovista de oxígeno y enriquecida en sales minerales y compuestos tóxicos como el sulfuro de hidrógeno. La mezcla del fluido hidrotermal con el agua de mar forma altas chimeneas que superan los 20 m. A estas se las llama fumarolas hidrotermales.

Cuando se estudiaron los fluidos, revelaron altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno alrededor de los animales. Años después se demostró la presencia de bacterias autótrofas relacionadas con estos organismos. Estas bacterias sulfaoxidantes pueden transformar el dióxido de carbono en moléculas orgánicas utilizando no la energía solar sino la oxidación del sulfuro de hidrógeno. Además, constituyen la base de la cadena alimentaria de este ecosistema, porque son la fuente que produce materia orgánica a partir de moléculas inorgánicas como las sales. Debido a que se valen de reacciones químicas como fuente energética, se considera este mecanismo como quimiosíntesis en vez de fotosíntesis.





a. Aspectos de las fumarolas negras e hidrotermales. En ellas habitan gusanos de gran tamaño, raras especies de crustáceos y otros animales, al igual que bacterias autótrofas.
b. El agua supercalentada que emana del respiradero o «chimenea» provee compuestos químicos energéticos que sustentan a los gusanos tubulares y otros organismos que se desarrollan en este hábitat externo.

A modo de conclusión

La vida se originó en el mar, y cuando la competencia entre los seres vivos se hizo insostenible se extendió a tierra firme. Las condiciones tan diferentes entre un medio y otro obligaron a buscar respuestas a los problemas que se plantearon. Cada grupo de seres vivos evolucionó de una forma distinta, encontrando unas veces soluciones totalmente diferentes y otras sorprendentemente parecidas.

La evolución de las primeras formas de vida en la Tierra fue un proceso larguísimo. Todo estaba aún por inventar y las condiciones del planeta eran muy diferentes de las actuales.

Actividades finales

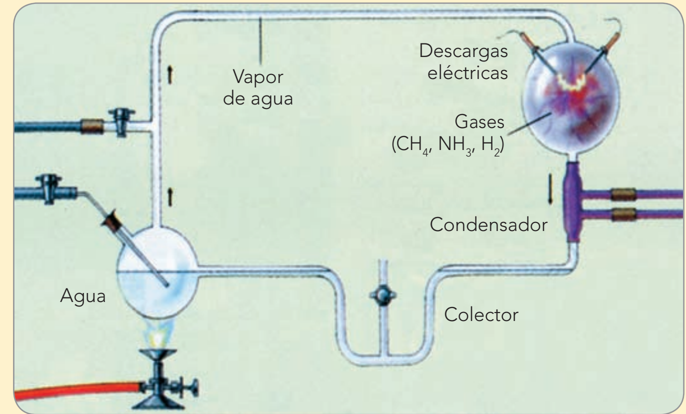
1 **Completa el esquema con la información referente a los científicos que hicieron aportes a la explicación del origen y la evolución de la vida.**

Científico	Teoría	Explicación
	Teoría de la evolución por selección natural	
		Plantea que las células eucariotas se formaron a partir de la simbiosis de dos organismos procariotas de diferente tamaño
	Teoría de la evolución prebiótica	
Aristóteles		

2 **Ordena de 1 a 4 los eventos que condujeron a la formación de las primeras células.**

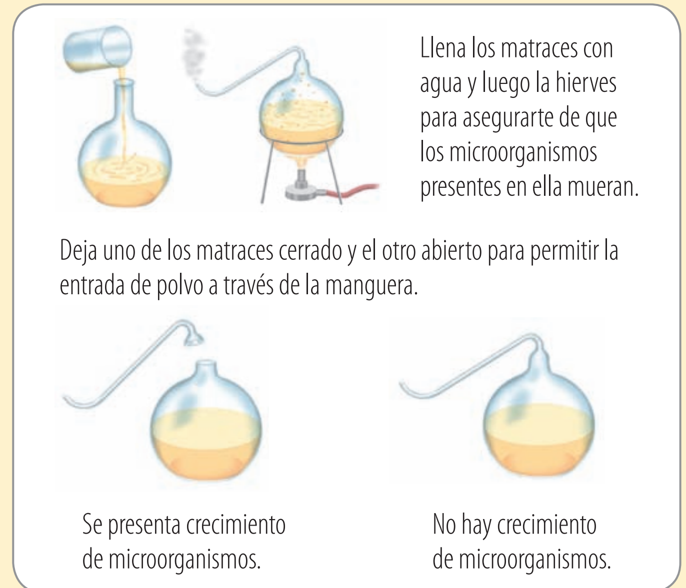
- ☐ El origen de moléculas que tenían la capacidad de producir copias exactas de sí mismas, lo que permitió que se desarrollara la herencia genética de los caracteres.
- ☐ La síntesis de pequeñas moléculas orgánicas como nucleótidos y aminoácidos a partir de los elementos inorgánicos del ambiente.
- ☐ El empaquetamiento de estas moléculas en pequeñas unidades rodeadas por una membrana y con la capacidad de mantener sus condiciones internas diferentes de las del medio externo y de reproducirse.
- ☐ La unión de pequeñas moléculas para formar otras mucho más grandes y complejas como las proteínas.

3 **Indica, según el dispositivo del experimento de Urey y Millers que se muestra, las semejanzas entre este y las condiciones de la Tierra en el origen de la vida.**
Ten en cuenta tipos de energía, gases y cambios de estado de la materia.



Dispositivo de Urey y Miller.

4 **Observa el esquema que muestra el procedimiento y los resultados de las experiencias realizadas por Louis Pasteur.**



Responde:

a) ¿Qué resultados se observan en cada uno de los matraces?

b) ¿Por qué no crecen microorganismos en el matraz cerrado?

c) ¿Qué demostró Pasteur con estos experimentos?

Trabajo de laboratorio

Realizarás una experiencia que te acercará a los protobiontes

Materiales

- vaso de bohemia
- dos pipetas
- agua
- crema para manos
- colorantes: azul de metileno y sudán III
- porta y cubreobjetos
- microscopio

Procedimiento

Mezclar en el vaso de bohemia 1 ml de crema para manos en 20 ml de agua. Colocar una gota de la mezcla en el portaobjetos y agregar una gota de azul de metileno.
Colocar el cubreobjetos sobre la muestra y observarla al microscopio; se observarán unas gotitas separadas de agua.
Luego, realizar la misma operación pero colocando una gota del otro colorante, sudán III. Volver a observar la muestra al microscopio.

Observaciones

Las esferas de crema para manos están rodeadas por el agua.
El azul de metileno tiñe por fuera estas esferas.
El sudán III tiñe por dentro las esferas de crema para manos.

Conclusiones

1. ¿Consideras que las esferas se formaron de manera espontánea cuando se realizó la mezcla o por aporte de energía u otro mecanismo?
2. ¿El comportamiento de las esferas es selectivo con respecto a los colorantes?
3. Analiza qué similitudes tienen estas esferas con los proteinoides de Fox creados en el laboratorio.

Investiga

En esta actividad te proponemos un trabajo de investigación acerca de cómo las diversas culturas y religiones interpretan el origen de la vida. Según las ideas que encontraste, establece:

a) ¿Cuáles pretenden explicar el origen de la vida y cuáles el del hombre?
b) ¿Encuentras alguna similitud entre estas creencias y las ideas de Oparin?



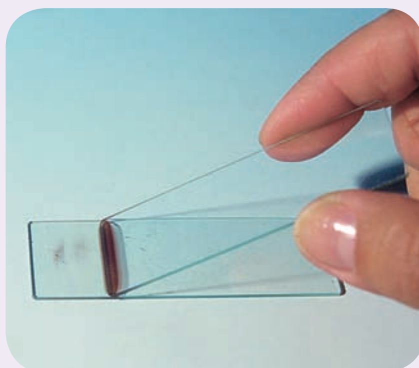
▲ Pipeta.



▲ Agua.



▲ Crema para manos.



▲ Porta y cubreobjetos.



▲ Microscopio.